

2. Давыденко, Л.А. Ретроспективный анализ качества атмосферного воздуха на территориях крупного промышленного города //Л.А. Давыденко, Л.П. Сливина, А.В. Беляева //Волгоградский научно-медицинский журнал. 2013. № 4 (40). С. 25-27
3. Лобачева, Г.К. Эколого-геохимическая оценка состояния урболандшафтов г. Волгограда /Г.К. Лобачева, И.Ж. Гучанова, А.П. Фоменко //Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 3: Экономика. Экология. 2008. № 1. С. 177-184.
4. Под Волгоградом ликвидируют пруд-накопитель отходов нефтепроизводства [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://volgograd.bezformata.ru/listnews/likvidiruyut-prud-nakopitel-othodov/59660403/> (дата обращения 18.10.2017).
5. Першин С.Е. Некоторые итоги эпидемиологического наблюдения за врождёнными пороками развития в крупном промышленном городе /С.Е. Першин //Здоровье населения и среда обитания. 2002. № 11. С. 13.
6. Суржиков, В.Д. Загрязнение воздушного бассейна как фактор влияния на качество жизни населения /В.Д. Суржиков, Д.В. Суржиков, С.С. Ибрагимов, Е.А. Панайотти //Acta Biomedica Scientifica. 2013. № 3-2 (91). С. 135-139.
7. Сливина, Л.П. Зависимость неспецифических биоэффектов у детей от воздействия химических загрязнений воздушной среды /Л.П. Сливина //Гигиена и санитария. 2002. № 6. С. 67-69.
8. Щербо, А.П. Оценка риска воздействия факторов окружающей среды на здоровье /А.П. Щербо, А.В. Киселев. СПб.: МАПО, 2005. 92 с.

#### МОДЕРНИЗАЦИЯ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ОЧИСТКИ

*А.С. Семакина, к.т.н., доц., М.Ю. Дягелев*

*Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова  
426069, г. Ижевск, ул. Студенческая, 7, тел. (3412)77-60-55 (доб. 3270)*

*E-mail: anas.shmeleva2011@yandex.ru*

**Аннотация:** В статье рассматриваются проблемы качества очистки сточных вод, существующие на деревообрабатывающем предприятии и предлагаемые пути их решения. В работе приведены примеры модернизации оборудования, которое бы позволило эффективно использовать очистные сооружения, максимально снизив затраты на реконструкцию и добиться достаточно высокой степени очистки сточных вод.

**Abstract:** The article discusses the problems existing woodworking enterprise and the suggested solutions. One of the major problems is the deterioration of equipment, lack of capacity and low quality of wastewater treatment. In the article the problems of the quality of wastewater treatment, the existing woodworking enterprise and the suggested solutions. The paper presents examples of equipment upgrades that would enable effective use of the treatment plant, thus minimizing costs of reconstruction and to achieve a sufficiently high degree of wastewater treatment.

При модернизации очистных сооружений невозможно использовать типовые решения, которые были применены при проектировании. Основной принцип модернизации – снижение капитальных вложений в строительство, максимальное использование существующих сооружений и внедрение современных технологий. Модернизация требует проведения подробных предварительных исследований и анализа сложившейся ситуации.

Основным направлением в модернизации очистных сооружений является обеспечение нормативного качества очистки сточных вод путем внесения изменения в процесс механической и биологической очистки сточных вод и применения нового современного высокоэффективного и энергоэкономичного оборудования[1].

В ходе технологического контроля работы очистных сооружений на одном из деревообрабатывающих предприятий региона было установлено:

- в работе находятся 2 секции аэротенка, 2 вторичных отстойника;
- фильтры доочистки отключены;
- обеззараживание очищенных стоков не производится;
- прозрачность поступающих на очистку стоков не более 2,5 см., после вторичных отстойников прозрачность увеличивается примерно в 10 раз, а после биофильтров уменьшается;

– содержание взвешенных веществ в поступающих на очистку стоках находятся в интервале 193-426 мг/л, на первичных отстойниках концентрация взвешенных веществ снижается на 57%, но иногда наблюдается небольшое увеличение, на вторичных отстойниках эффект очистки достигает в среднем 89%, после биофильтров в 30% случаев наблюдается увеличение концентрации взвешенных веществ;

– ХПК в поступающих на очистку водах составляет 155-471 мгО<sub>2</sub>/л, эффект очистки составляет в среднем 88%;

– БПК<sub>5</sub> находится в пределах 55-200 мгО<sub>2</sub>/л, эффект очистки составляет в среднем 89%;

– концентрация аммония составляет 15-77 мг/л, на вторичных отстойниках концентрация аммония уменьшается в среднем на 94%, после биофильтров происходит дополнительное незначительное снижение концентрации. Общий эффект очистки составляет 95%;

– концентрация нитритов составляет 0,24-1,07 мг/л. В процессе нитрификации концентрация нитритов увеличивается за счет окисления азота аммонийного микроорганизмами активного ила и после вторичных отстойников составляет 2,08-4,41 мг/л;

– концентрация нитратов составляет 0,5-4,3 мг/л, в процессе нитрификации концентрация нитратов также увеличивается за счет окисления азота аммонийного и азота нитритов микроорганизмами активного ила и после вторичных отстойников составляет 62-196 мг/л, после биофильтров концентрация нитратов еще больше увеличивается за счет снижения концентрации нитритов и перехода азота нитритов в азот нитратов, концентрация нитратов на выпуске после биофильтров составляет 98-231 мг/л;

– концентрация фосфатов в процессе очистки стоков практически не изменяется и находится на уровне 12 мг/л;

– концентрация нефтепродуктов в поступающих на очистку сточных водах составляет 0,189-5,5 мг/л, очистка достигается в основном за счет адсорбции пленки нефтепродуктов на активном иле, эффект очистки в среднем составляет 91%;

– концентрация фенолов в поступающих на очистку сточных водах составляет 0,008-0,091 мг/л, эффект очистки в среднем – 88%.

– концентрация АПАВ в поступающих на очистку сточных водах составляет 1,09-3,95 мг/л, эффект очистки в среднем – 93%;

– концентрация формальдегида составляет 0,16-1,82 мг/л, по данным протоколов анализа после очистки его концентрация увеличивается.

Таким образом, качество очищенных стоков не соответствует требованиям водоприемника рыбохозяйственного назначения II категории по показателям: взвешенные вещества, БПК, нитриты, нитраты, фосфаты, нефтепродукты, формальдегид, фенол[9].

В таблице 1 приведены основные показатели качества сточных вод до и после очистки.

Как было уже отмечено выше, в технологической схеме очистки сточных вод деревообрабатывающего предприятия фильтры доочистки выведены из эксплуатации, обеззараживание очищенных стоков не производится, концентрация загрязняющих веществ находится выше нормы, что свидетельствует о неэффективности работы биофильтров. На данный момент, в блоке доочистки установлен биофильтр марки ТЕРМИТ, который представляет собой комплексную систему очистки сточных вод, в котором сточная вода фильтруется через загрузочный материал, покрытый биологической пленкой, образованной колониями микроорганизмов. Ёмкость, а также абсолютно все составляющие детали выполнены из коррозионностойкого первичного материала – линейного полиэтилена низкого давления высокой плотности. Следует отметить, что степень очистки биофильтра не удовлетворяет параметрам сточной воды для сброса в водоем, поэтому работу биофильтра можно считать неэффективной, поэтому было проведено сравнение нескольких вариантов марок биофильтров для модернизации блока доочистки сточных вод и обеззараживания стоков.

Таблица 1

Результаты количественного химического анализа очистки  
сточных вод деревообрабатывающего предприятия

№	Показатели, мг/дм <sup>3</sup>	Точка отбора проб			
		Песколовка	Сборный лоток	После вторичных отстойников	После фильтров
1.	рН, ед. рН	8,1	8,0	8,1	8,1
2.	Взвешенные вещества, мг/л	110	-	Менее 0,5	Менее 0,5
3.	ХПК, мгО <sub>2</sub> /л	280	31	28	32
4.	БПК <sub>5</sub> , мгО <sub>2</sub> /л	91	-	6,3	4,9
5.	Аммоний-ион, мг/л	85	0,23	0,24	0,24
6.	Нитраты, мг/л	0,48	200	194	197
7.	Нитриты, мг/л	0,183	Менее 0,02	0,038	0,094
8.	Хлориды, мг/л	208	-	170	170
9.	Фосфаты, мг/л	14,6	4,1	3,9	3,8
10.	Сульфаты, мг/л	610	-	520	520
11.	Нефтепродукты, мг/л	2,2	-	0,075	0,061
12.	Формальдегид, мг/л	1,1	-	0,42	0,41
13.	АПАВ, мг/л	3,5	-	0,103	0,073
14.	Сухой остаток, мг/л	1890	-	-	1560
15.	Железо общее, мг/л	0,53	-	Менее 0,05	Менее 0,05
16.	Фенолы летучие, мг/л	0,123	-	0,0024	0,0026

#### Обоснование выбора биофильтров

Биофильтры обеспечивают высокое качество и должный уровень очистки сточных вод. Они зарекомендовали себя как простые в работе, надежные, низкзатратные и эффективные сооружения, на протяжении последних десятилетий. В последнее время, широко используются различные типы биологической загрузки для биофильтров, с различными требованиями и характеристиками:

- удаление углерода;
- нитрификация;
- денитрификация;
- высоконагружаемые биофильтры.

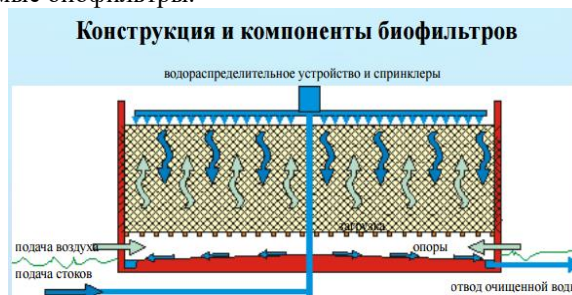


Рис. 1. Конструкция и компоненты биофильтров

Благодаря отсутствию прямого контакта жидкости со стенками резервуара удастся минимизировать теплоперенос и снизить охлаждение стоков. Это особенно актуально в северных широтах, и в районах с отсутствием центрального горячего водоснабжения, в зимнее время.

Равномерное распределение стоков благодаря радиальному вращению оросительных насадок (рисунок 1). Промывка загрузки поступающими стоками. Предотвращение засорения спринклеров, находящихся под давлением, и загрузки путем орошения. Гидравлический или электрический привод роторного водораспределительного устройства. Отсутствие громоздкой аэрационной техники: подача воздуха производится естественным конвективным путём [6].

#### Описание биофильтров различных марок

**Биофильтр марки FloTenk-BF**(рисунок 2).Биофильтр представляет собой специально сконструированную емкость, заполненную инертной загрузкой (например, керамзит). После биологиче-

ской очистки в аэротенке, сточные воды равномерно распределяются по поверхности загрузки, где происходит аэробное окисление и окончательная биологическая доочистка стоков аэробными бактериями. Конструкция биофильтра предусматривает естественную аэрацию инертной загрузки. Для этого в конструкцию включена система приточной вентиляции, обеспечивающая поступление воздуха в верхнюю и нижнюю зону биофильтра. Вентиляция осуществляется без применения специальных технических устройств. Процент очистки повышается с 60-70% до 90-95%.

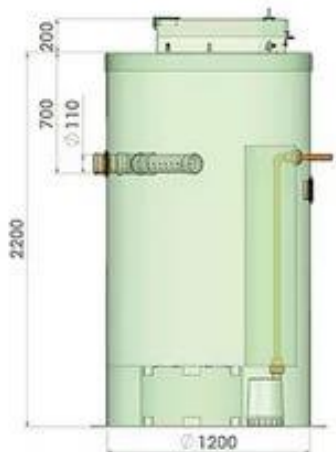


Рис. 2. Схема биофильтра FloTenk-BF

Перед подачей воды на фильтрацию осуществляется дозирование рабочего раствора коагулянта и озono-воздушной смеси для обеззараживания стоков и поддержания удовлетворительного состояния фильтров доочистки ТЭКО-АГФ-вп. Дозирование коагулянта в совокупности с флокулирующим эффектом озонирования позволяет в значительной степени улучшить качество очищенных сточных вод.

В качестве коагулянта выбран оксихлорид алюминия (Бопак-Е). Преимуществом использования данного реагента – более реакционноспособный и меньшая вводимая доза. Также Бопак-Е поставляется в жидком виде в результате чего нет необходимости в организации узла приготовления рабочего раствора коагулянта.

Биофильтр марки BIOdek® (рисунок 3). Если промышленные стоки характеризуются превышением показателей по БПК, pH, температуре и пр. Биофильтры 2Н BIOdek® способны очищать подобные стоки с высокой эффективностью, малыми объемами утилизируемого осадка, при сравнительно небольших размерах самих биофильтров. Также происходит снижение температуры горячих стоков, за счет усиленного теплопереноса. Биофильтры 2Н BIOdek® могут применяться и в качестве предварительной очистки промышленных стоков, перед их сбросом в общую городскую канализацию.

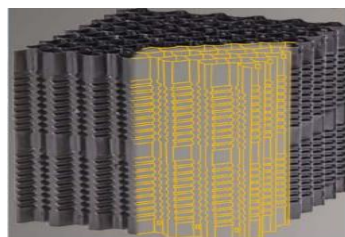
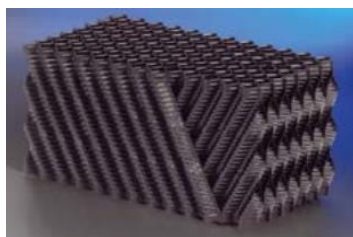


Рис. 3. Биофильтр с загрузкой с поперечно-перекрестной структурой (слева) и с вертикальной структурой (справа)

В биофильтрах применен принцип капельного орошения загрузки. Это позволяет существенно экономить на строительстве даже высоких биофильтров, поскольку отсутствует гидростатическое давление и давление загрузочного материала на боковые стенки биофильтров. Быстровозводимые сооружения облегчают и ускоряют строительство. Равномерное распределение стоков происходит благодаря радиальному вращению оросительных насадок. Промывка загрузки осуществляется поступающими стоками.

**Биофильтр марки Евролос-Био**(рисунок 4).Биофильтр, выполнен либо в форме кольца, либо в форме рассыпчатого наполнителя, который представляет собой трубчатые элементы синтетического материала, сформированные витыми нитями неправильной формы.

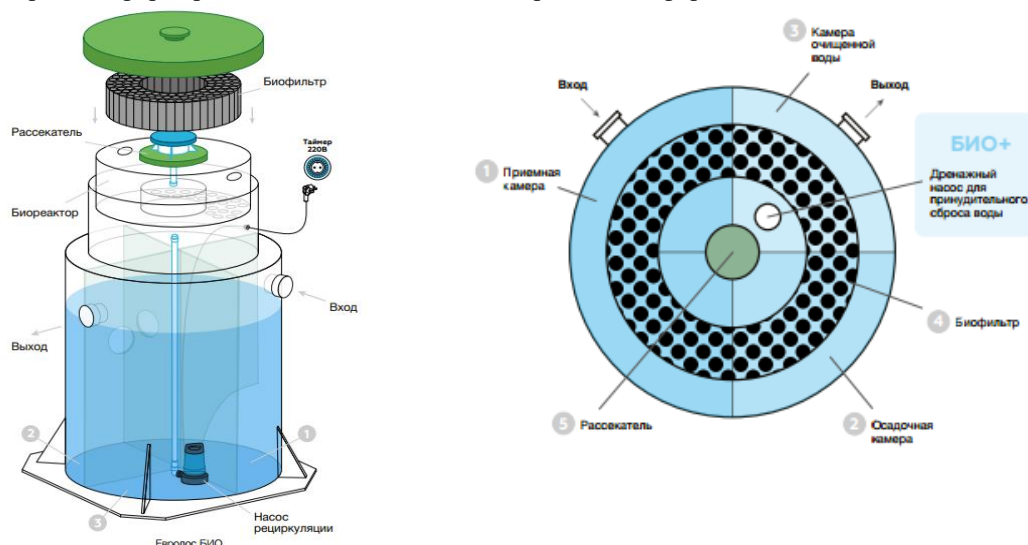


Рис. 4. Схема биофильтра Евролос-Био (слева) и технологическая схема работы фильтра (справа)

Сточная вода поступает по трубопроводу через входное отверстие в приемную камеру 1, где происходит задержание взвешенных веществ, основная часть которых оседает на дно камеры, а незначительное количество всплывает и образует корку. Также в первой камере происходит разложение большей части органических веществ за счет деятельности микроорганизмов. Далее осветленная сточная вода через отверстие в перегородке поступает во вторую осадочную камеру 2, где происходит дополнительная очистка и осаждение взвешенных частиц. После чего сточная вода поступает в третью камеру 3 для окончательной доочистки. Из третьей камеры часть осветленной сточной воды периодически подается погружным рециркуляционным насосом по трубопроводу в верхнюю часть – биореактор, в котором установлен биофильтр 4. Подача воды на биофильтр осуществляется через рассекатель 5, который позволяет равномерно разбрызгивать воду по поверхности фильтра. Подача осуществляется в режиме 15 минут включено / 45 минут выключено. В биофильтре очищаемая вода контактирует с микроорганизмами биопленки, расположенной на поверхности загрузочного материала, что позволяет повысить степень очистки сточных вод. Также в биофильтре происходит насыщение очищаемой воды кислородом воздуха, что позволяет интенсифицировать процессы окисления органических загрязнений. Из биофильтра очищенная вода рециркулирует в первую секцию, обеспечивая разбавление и аэрацию поступающих сточных вод.

#### Анализ технических характеристик биофильтров.

Анализ технических характеристик биофильтров представлен в таблице 2.

Таблица 2

Сводная таблица по техническим характеристикам биофильтров ЕвролосБио, Flotenk-BF, BIOdek.

№ п/	Показатель	Биофильтр ЕвролосБио	Биофильтр Flotenk-BF	Биофильтр BIOdek
1	Размеры (длина, ширина, высота, мм)	1800x1800x2200	1800x1200x2200	2700x2700x2500
2	Производительность, м <sup>3</sup> /сут.	5 000	10 000	7 000
3	Степень очистки	90-92%	97-98%	95-97%
4	Коагулянт	Суперфосфат гранулированный	Бопак-Е	Alta Bio
5	Удаляемые вещества	Аммоний, нитраты, карбонаты	БПК, аммоний, формальдегид, нитриты, нитраты, фосфаты	Фосфаты, нитраты, нитриты

6	Материал	ПП	ПВХ	ПВХ
7	Вес, кг	142	138	135
8	Стоимость оборудования, тыс.руб.	2 280 500	3 160 000	4 290 900

Блок доочистки в плане представляет собой помещение размерами в плане ДхШхВ: 3920х2585х2400 мм., согласно данным таблицы 2, идеально по параметрам блока подходит биофильтр Flotenk-BF с размерами 2500х2700х2500 мм. С точки зрения производительности, все биофильтры примерно равны, однако по степени очистки выигрывают биофильтры Flotenk-BF и BIOdek.

В качестве коагулянта предпочтительнее реагент Бопак-Е – оксихлорид алюминия, так как при дозировании этого коагулянта в значительной степени улучшается качество очищенных сточных вод по параметрам, требуемым для категории водоема. По весу почти все биофильтры находятся в одном диапазоне от 135 до 145 кг, но по стоимости наиболее экономичным является биофильтр ЕврослосБио.

Таким образом, проанализировав все технические характеристики представленных биофильтров, и, опираясь на достижение основного результата, как повышение высокой степени очистки, можно предположить, что биофильтр марки Flotenk-BF будет в большей степени удовлетворять требованиям, предъявляемым к качеству очистки.

Литература.

1. Воронов В.Ю., Саломеев В.П., Гогина Е.С. Методологические основы реконструкции очистных сооружений. – М. Издательство МИСИ-МГСУ, 2012. – 160 с.
2. Галицкая И.В. Экологические проблемы обращения и утилизации бытовых и промышленных отходов // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2005. № 2.С. 144-147.
3. Гогина Е.С., Саломеев В.П., Ружицкая О.А., Побегайло Ю.П., Макиша Н.А. Методологический подход к решению вопросов реконструкции очистных сооружений// Водоснабжение и санитарная техника. 2013. № 6. С. 33-37.
4. Доронин Ю. Г. Синтетические смолы в деревообработке: 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Лесная промышленность, 1987. – 224 с.
5. Лукиных Н.А., Липман Б.Л., Криштул В.П. Методы доочистки сточных вод. – М. Стройиздат, 1978. – 156 с.
6. Нечаев А.П. др. Интенсификация доочистки биологически очищенных сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника. 1991. №12. С. 18-20
7. Пластинина Е.В., Дягелев М.Ю., Непогодин А.М. Варианты реконструкции биологической степени очистки сточных вод на существующих очистных сооружениях канализации // В сборнике: Энергоресурсосбережение в промышленности, жилищно-коммунальном хозяйстве и агропромышленном комплексе Материалы регионального научно-практического семинара. 2016. С. 177-180.
8. Пластинина Е.В., Дягелев М.Ю., Непогодин А.М. Информационное управление при определении технологии очистки сточных вод на предприятиях жилищно-коммунального хозяйства // В сборнике: Коммуникации в информационном обществе: проблемы и возможности сборник научных статей. ФГБОУ ВО «Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева»; ГУО «Республиканский институт высшей школы». 2017. С. 201-205.
9. СанПиН 2.1.5. Водоотведение населенных мест, санитарная охрана водных объектов.
10. Федосеева А.В., Дягелев М.Ю. Проблемы и методы решения водоотведения малых населенных пунктов // В сборнике: ЯКОВЛЕВСКИЕ ЧТЕНИЯ сборник докладов XII Международной научно-технической конференции, посвященной памяти академика РАН С.В. Яковлева. Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет. 2017. С. 183-190.